

## 平成 27 年度環境管理センター公開講演会

### 「地球温暖化と気候変動が関わるリスク」

紅野 安彦

岡山大学環境管理センター

岡山市北区津島中 3-1-1

#### 1. 概要

環境月間行事として開催された平成 27 年度環境管理センター公開講演会について報告します。概要は以下の通りです。

日 時：平成 27 年 6 月 20 日（土）13:00～16:45

場 所：岡山大学自然科学研究科棟大講義室

テーマ：地球温暖化と気候変動が関わるリスク

趣 旨：地球温暖化は、人類の生存と繁栄にとって現代社会が直面する重要な課題のひとつです。同時に、気候変動や生態系の変化がもたらすさまざまなリスクを通して、私たちの生活に大きな影響を与えます。環境月間を機会に、これらの地球規模の環境問題とリスク管理について考えてみたいと思います。

地球温暖化は、私たちに迫り来る問題でありながら、その重大性を身近な問題として認識することが困難であることも否めません。地球温暖化に伴う気候変動が私たちの生活とはかけ離れた地球規模で進行し、その影響が及ぶ時間スケールも子や孫の世代に跨るものであることがその難しさの根底にあります。それゆえ、国際的な協調に基づく全地球規模の対策が急がれていることも確かですが、本講演会では地球温暖化という現象の正しい理解と日常生活の視点でのリスク対策について考えることを目的にしました。最初の講演では、地球温暖化の仕組みと将来のシナリオが示されます。続く 2 件の講演では、気候や生態系の変化がもたらす具体的なリスクとして豪雨災害と感染症を取り上げます。それぞれ最新の科学研究に基づく話題を提供いただく構成としました。

本稿では、配布資料や講演スライドと併せて、簡単ながら 3 件の講演の概要を振り返ります。

#### 2. 各講演の概要

##### 「気候変動リスクと人類の選択 ～IPCC の最新報告から～」

国立研究開発法人国立環境研究所の江守正多先生より、温室効果に伴う地球温暖化の仕組みが分かりやすく解説されました。また、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の報告に基づいて最新の気候評価と予測シミュレーションの結果が示され、100 年後の気温上昇は、予測に幅があるものの、今後の社会発展の仕方と対策の大きさに依存して明確に異なるシナリオが描かれるものでした。気候変動に伴うリスクを悪影響と好影響の両面から全体像として捉えて、気候変動対策の長期目標を設定してシナリオを選択する必要があることが説明されました。

### 「豪雨による地盤災害の機構と対策について」

岡山大学大学院環境生命科学研究科の西村伸一先生より、降雨地盤災害とは何か、過去の岡山各地での災害や2014年8月広島での災害の事例写真を示して解説されました。また、降雨地盤災害が生じるメカニズムに基づいて、取り組まれている地盤の挙動予測のための実験手法や解析手法が紹介されました。気候変動とも関連した豪雨による地盤災害は予測が困難であるとしながら、斜面对策の新しい工法だけでなく、地理・気象情報の利用による災害危険予測やそれらの情報提供など、多方面からの対策が講じられていることが示されました。

### 「環境変化と蚊や蚊媒介性感染症の関係について」

国立感染症研究所の津田良夫先生より、蚊の生態、蚊が感染症を媒介する仕組み、感染症流行の特徴と対策について分かりやすく解説されました。ヒトスジシマカの移動と分散に関する実験から分かる蚊の生態を知ることが重要であり、北部イタリアでのチクングニア熱（2007年）と代々木公園でのデング熱（2014年）の事例に見られる感染症の流行から終息へ至る過程を理解するのに役立つことが示されました。蚊が媒介する感染症の予防や流行の規模を小さく留めるには、平常時から媒介蚊対策を実施することが最も重要であることを特に強調されました。

### 3. さいごに

公開講演会には学内外から多くの参加者にご来場いただきました。また、会場参加者からの熱心な質問に対して、演者の先生方には、時間の許す限り、丁寧に回答と解説をいただき、環境問題を学ぶイベントとして大変有意義なものとなりました。開催報告の場を借りて、関係各位にお礼申し上げます。

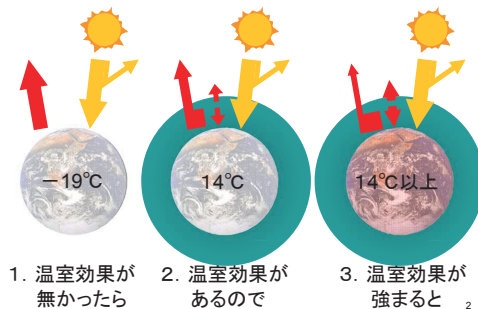
## 気候変動リスクと人類の選択 ～IPCCの最新報告から～

国立環境研究所  
気候変動リスク評価研究室長  
江守 正多



1

## 地球温暖化のしくみ



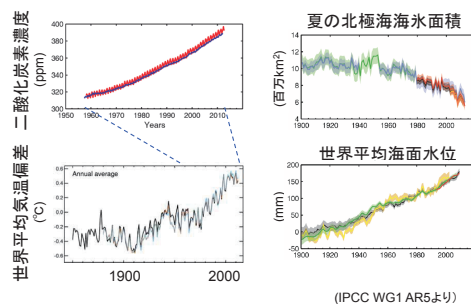
2

## IPCC (気候変動に関する政府間パネル)

- 気候変動(地球温暖化)について、何がどれくらいわかっているかを評価する。
  - 主体は各国政府であり、依頼された専門家が報告書を作成する。
  - 自身では研究を行わない。
  - 政策判断を行わない。
  - 第5次評価報告書 (AR5)を一昨年から昨年に発表。
- WG1: 科学的根拠(一昨年9月にスウェーデンで発表)  
WG2: 影響、適応、脆弱性(昨年3月に横浜で発表)  
WG3: 緩和策(昨年4月にドイツで発表)  
統合報告書(昨年11月にデンマークで発表)

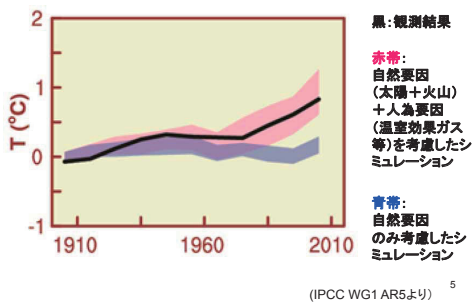
3

## 温室効果ガス濃度と世界平均気温・海面水位は20世紀に急激に上昇している



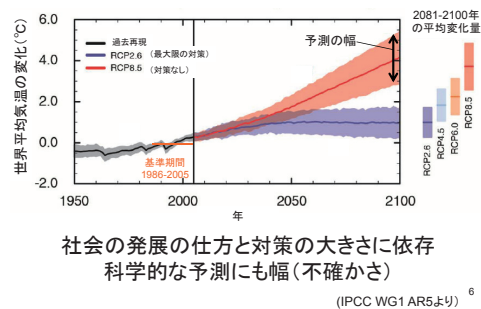
4

20世紀半ば以降の世界平均気温上昇の半分以上は、人為起源の要因による可能性が極めて高い(95%以上)



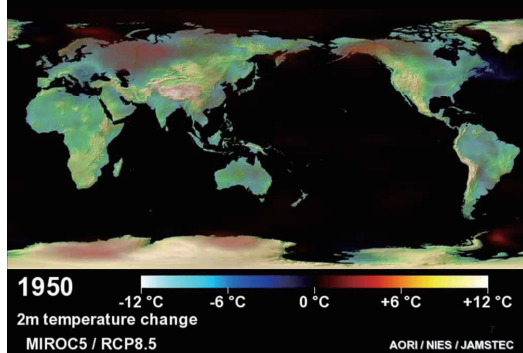
5

## 予測される100年後の気温上昇量は？

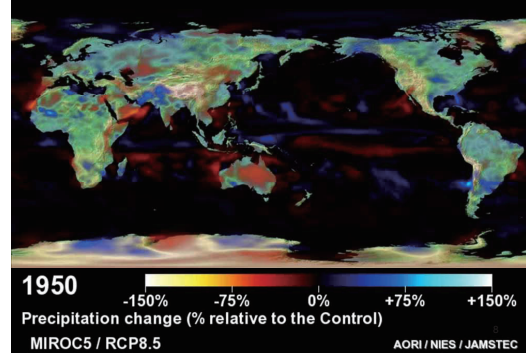


6

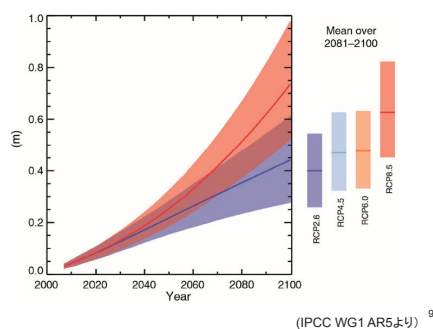
## 20～21世紀の地表気温変化シミュレーション



## 20～21世紀の降水量変化シミュレーション



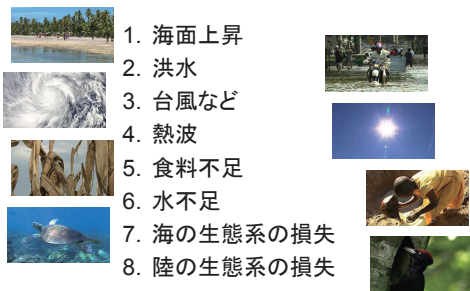
## 予測される100年後の海面水位上昇は？



## 極端現象の過去および将来の変化

現象及び傾向	20世紀後半に起きた可能性	人間活動の寄与の可能性	将来の傾向の可能性
寒い日と寒い夜の頻度減少	可能性が非常に高い(>90%)	可能性が非常に高い	ほぼ確実(>99%)
暑い日と暑い夜の頻度増加	可能性が非常に高い	可能性が非常に高い	ほぼ確実
熱波の頻度が増加	いくつかの地域で可能性が高い	可能性が高い(>66%)	可能性が非常に高い
大雨の頻度が増加	増加地域が減少地域より可能性が高い	確信度が中程度	中緯度と熱帯湿潤域で可能性が非常に高い
干ばつの影響を受ける地域が増加	いくつかの地域で可能性が高い	確信度が低い	可能性が高い
強い熱帯低気圧の数が増加	確信度が低い	確信度が低い	どちらかといえば(>50%)
高潮の発生が増加	可能性が高い	可能性が高い	可能性が非常に高い

## 8つの主要なリスク

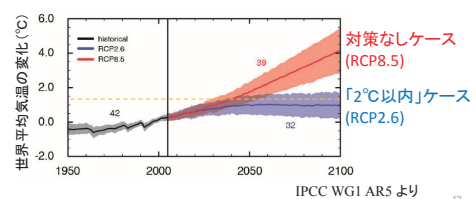


IPCC WG2 AR5 より (イメージはNHKエコチャンネルより) <sup>11</sup>

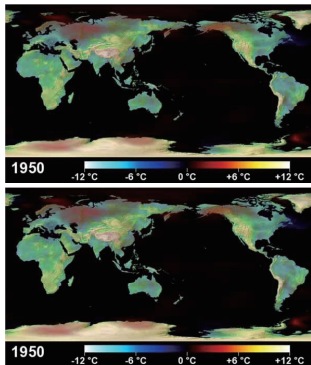
## 気候変動対策の長期目標

「産業化以前からの世界平均気温の上昇を**2℃以内**に収める観点から温室効果ガス排出量の大幅削減の必要性を認識する」

気候変動枠組条約 COP16 カンクン合意 (2010年)







## 気温変化 シミュレーション

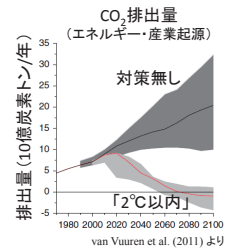
MIROC5気候モデルによる  
(AORI/NIES/JAMSTEC/MEXT)

対策無しケース

「2°C以内」ケース

13

## 「2°C以内」目標を達成する排出削減経路



今世紀前半

世界全体の排出量を現状  
に比べて2050年までに半  
減程度

今世紀後半

世界全体の排出量はゼロ  
に近い、マイナス

14

## 気候変動関連リスクを「全体像」で捉える

### 気候変動の悪影響

- ・ 熱波、大雨、干ばつ、海面上昇
- ・ 水資源、食料、健康、生態系への悪影響
- ・ 難民・紛争増加？
- ・ 地球規模の異変？
- ・ ...

### 気候変動の好影響

- ・ 寒冷地の温暖化による健康や農業への好影響
- ・ 北極海航路
- ・ ...

### 対策の悪影響

- ・ 経済的コスト
- ・ 対策技術の持つリスク(原発など)
- ・ バイオマス燃料と食料生産の競合
- ・ 急激な社会構造変革に伴うリスク
- ・ ...

### 対策の好影響

- ・ 気候変動の抑制、悪影響の抑制
- ・ 省エネ
- ・ エネルギー自給率向上
- ・ 大気汚染の抑制
- ・ 環境ビジネス
- ・ ...

悪影響、好影響の出方は、国、地域、世代(現在⇔将来)、社会的属性(年齢、職種、所得等)によって異なる。

15

# 豪雨土砂災害の発生機構と対策について

岡山大学大学院環境生命科学研究科

西村伸一

## 1. はじめに

近年増加する豪雨と、近い将来の発生が危惧されている南海トラフ地震に対して、行政機関では様々な対策が検討されつつある。本講演は、自然斜面や土構造物といった、地盤工学の範疇にある対象物の、豪雨災害について、その発生メカニズムと対策を紹介するものである。地震と豪雨は災害の原因として、双壁であるが、地震災害が比較的まれな事象であるのに対して、豪雨災害は、毎年のように被害をもたらしている事象である。とくに、平成26年に広島において発生した土石流災害は大規模なものであり、多くの死者を出した。雨が地盤災害をもたらすことは、一般に認識されているが、その物理的要因の解釈については曖昧であることが多い。本講演を通じて、身の回りに起こりえる地盤災害について、理解を深めていただければ幸いである。

## 2. 降雨地盤災害とは

代表的な災害は、斜面災害（写真-1）である。土石流（写真-2）を含めて、人命が奪われる可能性が最も高い災害といえる。また、梅雨や台風によって、河川堤防やため池の堤防が破堤することもあり得る（写真-3, 4）。ため池は、瀬戸内には非常に多いが、明治以前に築堤されているものも多く、老朽化しているので注意を要する。



写真-1 斜面崩壊の例



写真-2 2015 広島土石流災害



写真-3 台風時の河川堤防の決壊と氾濫



写真-4 越流によるため池堤体の決壊

## 3. 降雨地盤災害のメカニズム

斜面崩壊は、一般に、斜面上に載っている土塊が自重で滑落することによって生じる。通常は、土粒子間に摩擦力が働いていて、その力が土の強度として自重に抵抗していると考えている（図-1）。降雨時には、地中の水位が上昇し、浮力が土塊にかかるため、摩擦力が減少し、滑落すると考えられる。一方、河川堤防やため池堤体な



どの土構造物は、基本的に越流による洗掘作用に抵抗することができない。また、長年の使用によって、パイピングホールが堤防内部にできている可能性があり、ここに水が浸入し、さらに穴を広げることによって堤防が決壊することもあり得る。

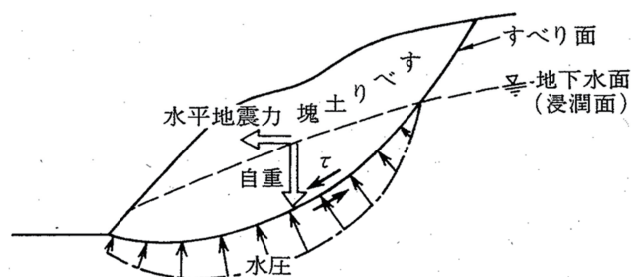


図-1 斜面崩壊の原理

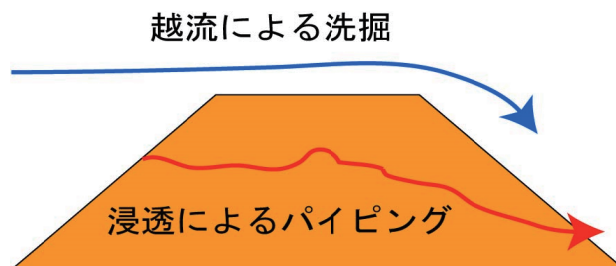


図-2 堤防の決壊原因

#### 4. 降雨に対する地盤の挙動予測を行うための実験・解析手法

斜面や堤防の安定性を確かめるために多くの研究がなされてきている。現在は、情報が揃えば、計算によって、豪雨による斜面安定が検討できる。例えば、図-3 は、有限要素法というコンピュータシミュレーションの結果であるが、豪雨時の斜面の崩落の形状が計算されている。写真-5 は越流時の堤防の決壊現象を実験的に確かめようとしているものである。

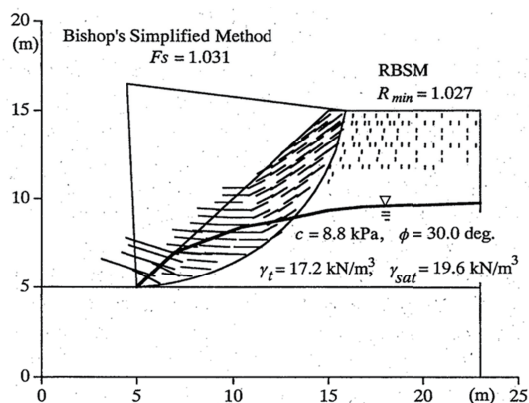


図-3 シミュレーションによる豪雨時の斜面表面の変位予測

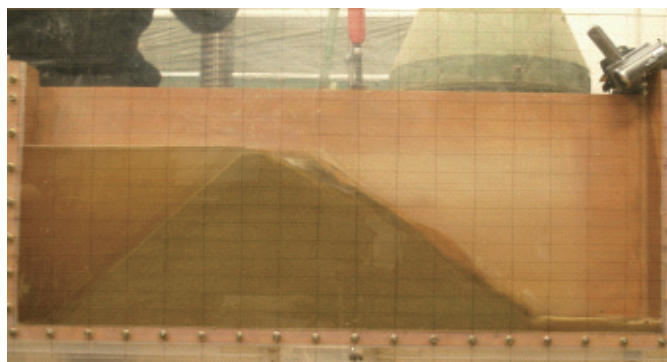


写真-5 越流による堤防の崩壊実験

#### 5. 対策法

これらの地盤災害に対しては、様々な対策が考えられている。その最も重要なポイントは、如何に地盤内の水を制するかによると考えられている。したがって、斜面安定対策工として、排水工は重要なものの一つである（写真-6）。しかし、土砂災害の警戒対象区域は広範囲に及ぶため、ハード対策には限界がある。現在は、行政からの情報として、「土砂災害警戒区域」が公表されている。また、気象庁から豪雨時には、降雨情報とともに土壌雨量指数が公表され、ソフトによる対策が充実しつつある。

#### 6. まとめおよび今後の課題

- 1) 解析法や調査法の進展は著しいが、危険箇所の特定が難しく、また、豪雨地盤災害は突発的に生じるため、事前予測が難しい。
- 2) 地図情報システム (GIS) や通信技術 (IT) の利用によって、事前の危険対策や、リアルタイムの危険予測が可能になりつつある。

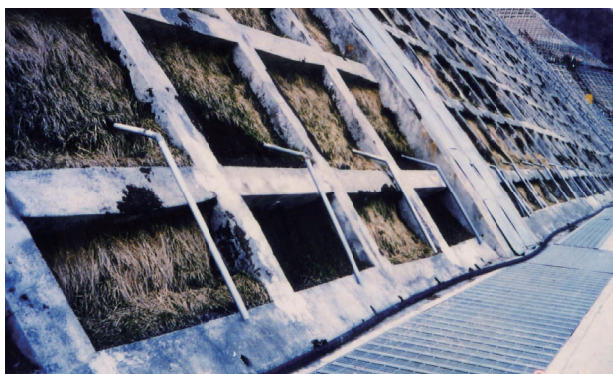


写真-6 斜面对策工の一例

## 降雨地盤災害とは



降雨による斜面崩壊（1）表層崩壊

1



Ph.10 偏南市浦伊部光ヶ丘地区の斜面崩壊（岡山県提供）

降雨による斜面崩壊（2） 深層崩壊か？

2



Ph.6 千田川の浸水状況（建設省岡山河川工事事務所提供）

降雨による破堤（1）

3



Ph.13 宿瀬小池の決壊部

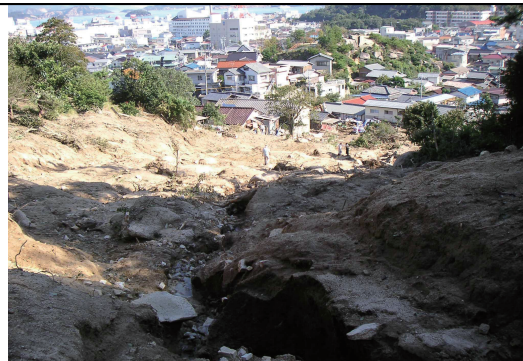
降雨による破堤（2）

4



2014年8月 広島市八木地区土石流災害

5



土石流災害(玉野市 2004年10月)

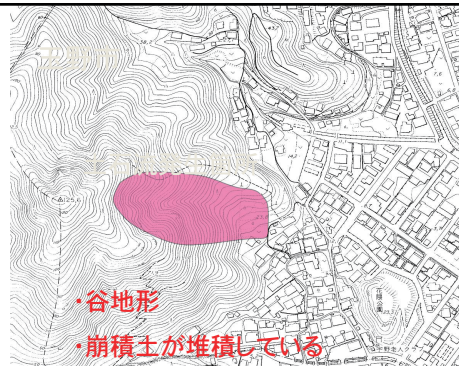
6



## 降雨地盤災害のメカニズム

- ・ 地形的要因
- ・ 地盤・土構造物のせん断破壊
- ・ 越流やパイピングによる土構造物の破壊(河川堤防, 堤体)

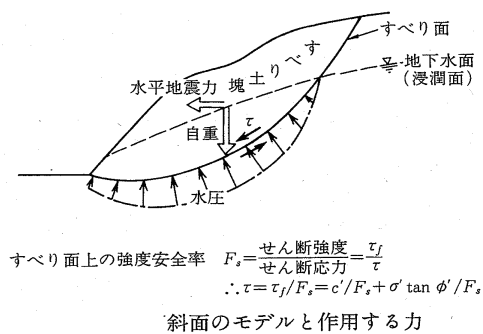
7



土石流・斜面崩壊が発生する地形的要因

8

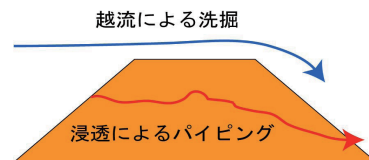
## 地盤（土構造物）のすべり破壊の原理



9

## 越流やパイピングによる土構造物の破壊

- ・ 越流が起こると、洗掘・崩壊が発生
- ・ 浸透流によってパイピングが起こると土構造物の内部が侵食される。



10

## 堤防の内部診断

### サウディング試験の実施



スウェーデン式サウディング試験

電気式コーン貫入試験



## 斜面对策工法

### 抑止工法

1. 排水工
2. グラウンドアンカー工

### 法面保護工

1. 法枠工
2. 法面緑化工
3. 防護柵・防護網工

### 砂防ダム

12

# 環境変化と蚊や蚊媒介性感染症の関係

国立感染症研究所・昆虫医科学部

津田良夫

環境変化によって蚊の地理的分布が変化したり、蚊や病原体の侵入によって蚊が媒介する感染症が流行する例が報告されている。これらの例をよく理解するためには、蚊に関する説明、蚊が病気を媒介する仕組みや病気流行の特徴に関する説明を行った上で、蚊や蚊媒介性感染症と環境との関係を説明する必要がある。限られた時間の中で網羅的な紹介を行うことはできないので、この講演では昨年代々木公園を中心として起きたデング熱の流行でウイルスを媒介したヒトスジシマカを取り上げて、習性や生態の解説、地理的分布の拡大、北部イタリアに侵入したヒトスジシマカが媒介蚊となって 2007 年に起きたチクングニヤ熱の流行事例をまず紹介する。次いで代々木公園とその周辺で起きたデング熱の流行に関して、特に媒介蚊の立場から紹介を行う。

**ヒトスジシマカ：** ヒトスジシマカは東南アジアを中心として、温帯地方（日本や韓国）まで分布するヤブカの一種だが、1980 年代以降分布が拡大し、現在では南北アメリカ大陸、ヨーロッパ、アフリカにまで分布している。我が国では秋田県と岩手県が現時点の分布北限で、青森県と北海道にはまだ分布していない。幼虫は庭先の植木鉢の水受け皿や手水鉢、お墓の花立のような小さな人工容器や古タイヤ、ブルーシートの窪みに溜まった水、雨水マスなどに発生する。成虫は木陰の茂みの中に潜んで動物（人や犬など）が近づくのを待ち伏せている。卵で越冬し、5 月の連休明け頃に第 1 世代の成虫が現れる。成虫の密度は 6 月から 7 月に急激に増加し、8 月にピークに達した後、9 月には激減して 11 月にはいなくなる。成虫は林の中に留まる傾向が強いが、移動する範囲の大きさは環境によってかなり異なる。

**チクングニヤ熱の流行事例：** 北部イタリアに侵入し定着したヒトスジシマカが媒介者となって、2007 年にチクングニヤ熱が流行した。ヒトスジシマカは 1990 年に北部イタリアのジェノア市で見つかり、その後分布が広がり 1997 年にローマに達し、1998 年にはイタリア国内の 22 地域にまで分布を拡大している。チクングニヤウイルスの流行が起きたのは、アドリア海から 6km 内陸にある 2 つの小さな村で、人口は合わせて 3767 人であった。この 2 つの村で 2007 年 6 月 15 日から 9 月 21 日の間に、292 人の発熱患者が報告され、このうち 125 名がチクングニヤウイルス感染者であると確定された。チクングニヤ熱の流行の発端は 2007 年 6 月にインドへ旅行に行った一人の村人で、彼は帰国後、6 月 23 日に発熱した。この時に隣村のいところを訪ねに数時間出かけている。このいところが二人目の感染者で 7 月 4 日に発症した。1 人目の感染者が確認されてから後、19 日目と 29 日目に 2 人目、3 人目の感染者が発生し、その後数日おきに 1～2 名の感染者が散発的に発生した。7 月末から 9 月はじめまでの約 1 ヶ月は流行の最盛期となり、毎日数名の感染者が連続して発生し続けた。この事例は、(1)イタリアに侵入・定着した外来の疾病媒介蚊によって引き



起こされたこと、(2)海外旅行に出かけて感染し帰国後に発症した人から流行が始まったことの2つの理由から、近隣諸国の蚊媒介性感染症に対する危機感を高めている。

**代々木公園周辺のデング熱流行：**2014年8月から10月に代々木公園とその周辺で起きたデング熱の流行は、媒介蚊が分布している地域においては、何らかの方法によって病原体が持ち込まれることによって大きな流行が起こりうることをはっきり示している。そして、病気が流行する機会を少なくし流行の規模を小さくするためには、平常時から疾病媒介能力のある蚊類の分布や生息密度の監視を怠らず、適切な媒介蚊対策を講じることが重要であることが再認識された。

2014年のデング熱の流行は、蚊媒介性感染症の疫学的な特徴や媒介蚊対策の実施に際して発生する様々な問題を整理するのによい事例となった。蚊媒介性感染症の疫学的な特徴のひとつに潜伏期間がある。代々木公園のデング熱の場合、代々木公園で感染した患者の潜伏期間は平均6.3日だった。またデング熱は臨床診断では確定できないため、ウイルス遺伝子を検出することによって確定診断が行われた。昨年の流行では、確定診断によってデング熱患者であることが判明しその結果が公表されるまでには、発症してから平均8.5日経過していた。その結果、患者が蚊に刺されてから発症し、デング熱に感染したことが公表されるまで約15日を要している。このように病気に感染してから患者の発生が確認されるまでに時間的な遅れが必ず存在することが、第1の疫学的特徴である。蚊媒介性感染症にはもう一つ重要な疫学的特徴がある。それは、患者を隔離するだけでは、新たな感染を阻止することができないことである。発症した患者の多くは病院や自宅に隔離されるので、発症した患者と媒介蚊であるヒトスジシマカとの発症後の接触は阻止できる。しかし、患者を刺して感染させた蚊は、患者が発症するまでの潜伏期間や確定診断を行っている間も、自由に生活し、吸血を繰り返してウイルスの伝搬を続けている。このように患者を隔離するだけでは、ウイルスの伝搬を完全に阻止することはできない。

デング熱患者の発生にともない媒介蚊の駆除対策が実施されたが、そこでも様々な問題が浮き彫りになった。媒介蚊であるヒトスジシマカの生態に関する理解不足と感染症流行時の媒介蚊対策に対する理解と準備の不足がその理由と思われる。ヒトスジシマカは屋外の植物の茂みと密接に関連した行動習性を持っており、屋外における現地調査を実施して媒介蚊の生息状況を調べることで適切な対策を講じるためには不可欠である。ヒトスジシマカの場合、成虫対策において重要になる成虫の潜伏場所や成虫が移動する範囲の広さは、代々木公園のように巨大な緑地の場合と複数の小さな藪が点在する住宅地の場合とでは大きく異なる。このような媒介蚊の一般的な生態に関する知識の普及が望まれる。実際に媒介蚊駆除を担当した害虫防除業者も媒介蚊の生態に対する知識が不十分であった。そのため、藪に潜伏している成虫に対して効果的に殺虫剤を散布することを強く意識して対応した業者はごく一部に限られた。平常時から感染症を媒介する蚊の生態について理解を深め、効果的な対策実施のためにどのような方策が必要であるのかを検討し適切な準備を行うことを強く望みたい。

国立感染症研究所  
昆虫医科学部 津田良夫

*Aedes albopictus*

<特徴>

- ・胸部背面の中央に縦筋が1本ある
- ・脚に白い斑がある

待ち伏せ型

茂み(潜伏場所)

ヒト

ヒトスジマカに対する  
ヒトの誘引範囲=半径3~4m

ヒトが潜伏場所に近づき(A)、  
潜伏場所と誘引範囲が重なった  
場所●にいたヒトスジマカ  
が吸血に来る。

潜伏場所に近づくほど、刺しに  
来る蚊の数は多くなる。

A<B<C

Map of the Indian subcontinent and surrounding regions showing the spread of dengue fever. The map includes labels for various countries and their dengue status:

- India:** 1,421,881 cases (2005-2007)
- Sri Lanka:** 5,900 cases (2005-2007)
- Bangladesh:** 1,000 cases (2005-2007)
- Nepal:** 200 cases (2005-2007)
- Myanmar:** 1,000 cases (2005-2007)
- Cambodia:** 1,000 cases (2005-2007)
- Thailand:** 1,000 cases (2005-2007)
- Malaysia:** 1,000 cases (2005-2007)
- Singapore:** 1,000 cases (2005-2007)
- Brunei:** 1,000 cases (2005-2007)
- Indonesia:** 15,181 cases (2005-2007)
- Philippines:** 1,000 cases (2005-2007)
- Timor-Leste:** 290 cases (2005-2007)

Legend:

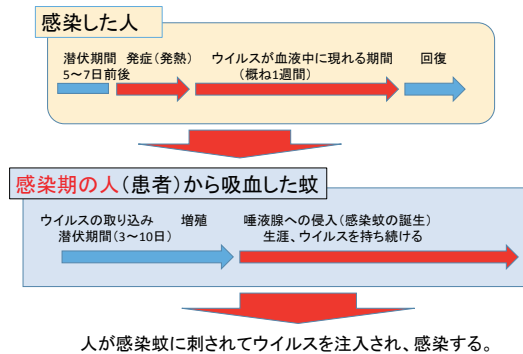
- Affected countries in 2005
- Affected countries in 2006
- Countries not affected

Source: WHO/ISG

北部イタリアの2つの村(人口3767人)で、292人の発熱患者が報告され、うち125人がデング熱と確定診断された。

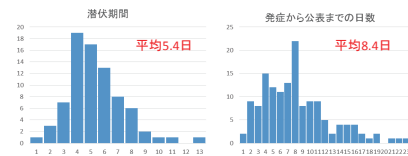
Figure 3: Presence of *Aedes albopictus* in Europe, per province, as of January 2007.<sup>2</sup>

## 蚊による病気の伝播のしくみ



## (2)代々木公園周辺で起きたデング熱の流行に関する基本情報

### 疫学的情報



蚊に刺されてデング熱に感染してから、発症し確定診断され、公表されるまでに、平均13.8日かかっている。

この13.8日間にウイルスを持った蚊はどのように行動していたのかを正しく推測することが、効果的な対策を講じるうえで重要になる。

## 代々木周辺で調べたヒトスジシマカの飛来密度

飛来数/人/8分	代々木周辺				中央公園
	明治神宮	オリセン	代々木公園	合計	
0	11	1	3	15	2
1~10	24	9	21	54	9
11~20	5	4	3	12	13
21~30	2		1	3	2
31~40	0		1	1	0
41~50	1		0	1	1
51<			1	1	
採集場所数	43	14	30	87	27
平均	5.51	5.50	10.20	7.13	11.43
標準偏差	8.91	4.93	16.49	11.80	8.76

## 駆除作業で使用した殺虫剤と散布方法

患者の発生時期が蚊の減少期だったので、ウイルスを保持している成虫を駆除することを目的にした。

使用された殺虫剤の例  
 エトフェンプロックス水性乳剤  
 フェノリン水性乳剤  
 フェノリン炭酸ガス製剤の噴霧  
 散布方法  
 動力噴霧による散布  
 ハンドスプレーヤーによる散布

駆除対象となる場所によって、殺虫剤を効果的に施用する方法が異なる。  
 場所に応じて複数の散布方法を選択できるように準備する。

成虫潜伏場所への散布（オリンピック記念青少年総合センター、明治神宮）



茂みの中に潜む成虫に対しては、炭酸ガス製剤を散布した。

## 今後に向けて

デング熱の対策は、患者が発生した時には既に後手に回っている。

デング熱など蚊が媒介する感染症を予防するためには、病気の流行がない平常時から媒介蚊対策を実施することが最も重要である。

平常時から対策を行って成虫の生息密度を低く抑え、病気の流行リスクを低減するとともに、仮に流行が起きた場合でもその規模を小さくとめるように努めることが望まれる。